

Научная статья

УДК 338.45

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18410>

EDN: <https://elibrary/XENFEJ>



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.С. Палкина  , М.С. Вагин 

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

 elena_palkina@hotmail.com

Аннотация. Одной из главных целей деятельности современного промышленного предприятия является повышение эффективности его функционирования, что позволит повысить конкурентоспособность продукции отечественного производства на мировом рынке. В этой связи большинство производственных организаций в настоящее время внедрили принципы и методы бережливого производства, используют различные цифровые технологии. Вместе с тем, как показывает практика, для достижения большего положительного экономического результата от освоения новых направлений организации производственной деятельности важно использовать научный подход к обоснованию управленческих решений в этой области, поскольку при определенных условиях синергетический эффект от совместного применения инструментария бережливого производства и цифровизации может принимать отрицательное значение. Наименее проработанными в этой сфере являются вопросы методического обеспечения процесса разработки мероприятий, направленных на совершенствование деятельности промышленного предприятия в условиях цифровой экономики. Целью настоящей работы является создание методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия. В процессе исследования использовались методы сравнительного анализа, группировки, обобщения, систематизации, экспертных оценок. Определены основные этапы процесса разработки управленческого решения по внедрению цифрового бережливого производства и их содержание. Установлены критерии принятия промежуточных решений в точках разветвления. Разработан алгоритм выполнения оценки влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий на показатели экономической эффективности деятельности предприятия. Полученные результаты исследования имеют теоретическую и практическую значимость, поскольку разработанные методические положения развивают научные основы экономики промышленности и предоставляют возможность повышения конкурентоспособности продукции отечественных товаропроизводителей на мировом рынке при условии их применения. Использование предложенной методики обеспечит принятие рациональных, экономически обоснованных решений в области внедрения на предприятии новых цифровых технологий и инструментов бережливого производства для целей повышения эффективности деятельности организаций промышленности. В дальнейшем целесообразно проведение эмпирического исследования практики применения предложенной методики в деятельности промышленных предприятий с оценкой полученных результатов.

Ключевые слова: бережливое производство, методика, оценка, предприятие, промышленность, синергетический эффект, цифровизация, экономическая эффективность

Для цитирования: Палкина Е.С., Вагин М.С. (2025) Методика оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия. П-Economy, 18 (4), 173–185. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18410>



METHODOLOGY FOR ASSESSING IMPACT OF DIGITALIZATION OF LEAN PRODUCTION ON ECONOMIC EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISE

E.S. Palkina  , M.S. Vagin 

State Marine Technical University, St. Petersburg, Russian Federation

 elena_palkina@hotmail.com

Abstract. One of the main goals of a modern industrial enterprise is to improve the efficiency of its operation, which will increase the competitiveness of domestic products in the world market. In this regard, most manufacturing organizations have now implemented the principles and methods of lean production and use various digital technologies. However, as practice shows, in order to achieve greater positive economic result from the development of new areas of industrial activity, it is important to use a scientific approach to substantiating management decisions in this area, since under certain conditions the synergetic effect of the combined use of lean production and digitalization tools can be negative. The least developed in this area are the issues of methodological support for the process of developing measures aimed at improving the activities of an industrial enterprise in the digital economy. The purpose of this work is to create a methodology for assessing the impact of digitalization of lean production on the economic efficiency of an industrial enterprise. In the course of the research, methods of comparative analysis, grouping, generalization, systematization and expert assessments were used. The main stages of the process of developing a management decision on the implementation of digital lean production and their content are defined. The criteria for making intermediate decisions at the branching points are established. An algorithm has been developed to assess the impact of the combined use of lean production tools and digital technologies on the economic efficiency of the enterprise. The obtained research results have theoretical and practical significance, since the developed methodological provisions develop the scientific foundations of industrial economics and provide an opportunity to increase the competitiveness of domestic producers in the world market, subject to their application. The use of the proposed methodology will ensure the adoption of rational, economically sound decisions in the field of introducing new digital technologies and lean production tools at the enterprise in order to improve the efficiency of industrial organizations. In the future, it is advisable to conduct an empirical study of the practice of applying the proposed methodology in the activities of industrial enterprises with an evaluating the results obtained.

Keywords: lean production, methodology, assessment, enterprise, industry, synergetic effect, digitalization, economic efficiency

Citation: Palkina E.S., Vagin M.S. (2025) Methodology for assessing impact of digitalization of lean production on economic efficiency of industrial enterprise. *π-Economy*, 18 (4), 173–185. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18410>

Введение

В современных условиях возрастающей конкуренции на мировом рынке важным фактором конкурентоспособности продукции является величина себестоимости ее производства при определенном уровне качества. В этой связи многие предприятия стремятся повысить эффективность своей деятельности на основе выявления и использования соответствующих экономических резервов. Интенсивный путь развития организации, в отличие от экстенсивного, предполагает задействование одноименных резервов повышения эффективности, которые формируются благодаря обновлению основных производственных фондов, внедрению новых технологий, совершенствованию организации бизнес-процессов. Значимую роль в достижении положительной динамики экономических результатов выполняют цифровые технологии и инструментарий бережливого производства. Как отмечается в работе [1], бережливое производство способствует



росту эффективности деятельности организации. При этом важно отметить, что цифровизация, не подкрепленная оптимизацией процессов, не только не обеспечивает рост эффективности, но и может привести к увеличению потерь вследствие автоматизации изначально неэффективных операций. В связи с этим актуальным становится исследование влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровизации на рост экономической эффективности деятельности промышленного предприятия.

Проведенный анализ отечественной и зарубежной литературы в этой области позволяет констатировать следующее. Преимущественно преобладают отдельные подходы к оценке влияния на экономические показатели предприятия, с одной стороны, результатов внедрения бережливого производства, с другой, – цифровых технологий. Так, например, в работе [2] выполнен сравнительный анализ методов оценки эффективности внедрения бережливого производства. В статье [3] определены необходимые условия для успешного внедрения бережливого производства. В научной публикации [4] представлена модель оценки эффективности цифровой трансформации организации. Статья [5] содержит результаты исследования оценки экономических возможностей отечественных предприятий машиностроения, внедряющих цифровые технологии в бизнес-процессы и в управление жизненным циклом изделий. Публикация [6] посвящена проблеме выбора методики оценки уровня цифровизации экономики. В научной статье [7] представлены результаты исследования влияния роботизации на показатели производственной системы.

Несмотря на то, что в статье [8] рассматриваются отдельные аспекты интеграции бережливого производства и цифровых технологий в деятельность производственных предприятий, вместе с тем не конкретизировано, каким образом благодаря ей достигается интегральная экономическая эффективность. В работе [9] авторы, акцентируя внимание на проблемах цифровизации бережливого производства, приходят к общему выводу, что цифровизация увеличивает издержки производства, тогда как бережливое производство направлено на снижение издержек. Статья [10] содержит результаты исследования общих эффектов, возникающих в результате интеграции цифровых технологий и бережливого производства, при этом методика их оценки не представлена. В научной публикации [11] делается вывод о том, что внедрение цифровых технологий в производственную систему способствует повышению эффективности деятельности предприятия. В статье [12] отмечена важная роль бережливого производства в стимулировании цифровых преобразований. Данные исследования, представленные в публикации [13], свидетельствуют о том, что одновременное внедрение бережливого производства и цифровых технологий приводит к значительному росту производительности. При этом для повышения эффективности цифровой трансформации производственных процессов важно учитывать отраслевые технико-экономические особенности, как отмечено в работе [14]. В статье [15] показано усиление цифровизационных процессов и креативной деятельности сотрудников вследствие образования и действия синергетического эффекта. В целом исследованию синергетических эффектов, цикличности развития экономических систем посвящены труды отечественных [16–25] и зарубежных ученых [26–29]. В исследовании [30] представлен инновационный подход к оценке влияния цифровизации экономики на устойчивость развития предприятия. При этом не уделяется должное внимание вопросам ее воздействия на экономические результаты деятельности предприятия.

Таким образом, как показывают результаты анализа научной литературы по данному вопросу, наименее проработанными в этой сфере являются вопросы методического обеспечения процесса разработки мероприятий, направленных на повышение эффективности деятельности промышленного предприятия в условиях цифровой экономики.

Цель и задачи исследования

Цель работы состоит в создании методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия. Для ее достижения были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) определить основные этапы процесса разработки управленческого решения по внедрению цифрового бережливого производства и их содержание;
- 2) установить критерии принятия промежуточных решений в точках разветвления (узлах решений);
- 3) разработать алгоритм выполнения оценки влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий на экономические показатели деятельности предприятия.

Методы исследования

В процессе исследования использовались методы сравнительного анализа, группировки, обобщения, систематизации, экспертных оценок.

Результаты исследования

Оценка влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия представляет собой поэтапную процедуру, обеспечивающую комплексный подход к количественной оценке синергетического эффекта и его воздействия на ключевые показатели экономической эффективности производственной организации. В качестве ключевых показателей экономической деятельности промышленного предприятия предлагается рассматривать следующие индикаторы: производительность труда, фондоотдача, материалоотдача, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж.

Основу предлагаемой методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия составляет определенный алгоритм, представленный на рис. 1, который включает семь этапов:

- 1) подготовительный;
- 2) аналитический;
- 3) расчет эффекта от внедрения инструментов бережливого производства;
- 4) расчет эффекта от внедрения цифровых инструментов;
- 5) расчет синергетического эффекта в результате совместного внедрения цифровых технологий и бережливого производства;
- 6) проверку ограничительных условий;
- 7) расчет показателей экономической эффективности.

Последовательное выполнение вышеперечисленных этапов приводит к выбору наилучшего управленческого решения о реализации проекта внедрения цифрового бережливого производства на промышленном предприятии.

Подготовительный этап

На начальной стадии осуществляется диагностика текущего состояния предприятия с использованием контрольного листа и матрицы зрелости, что позволяет определить исходные уровни внедрения бережливых и цифровых технологий и на этой основе выбрать стратегию организационно-технологических преобразований. Далее проводится сбор, структурирование и предварительная обработка исходных данных, необходимых для моделирования и оценки, и определение пороговых значений ограничительных условий: требуемый объем выпуска продукции для обеспечения ожидаемого периода окупаемости инвестиций, минимально рентабельный размер партий и согласованность производственной программы.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является достаточность исходных данных. В случае невыполнения этого условия происходит доработка информационной базы до тех пор, пока не будет достаточно исходных данных, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Аналитический этап

На этой стадии определяются цели и задачи внедрения цифрового бережливого производства. Разрабатываются альтернативные варианты стратегий инновационного развития предприятия,

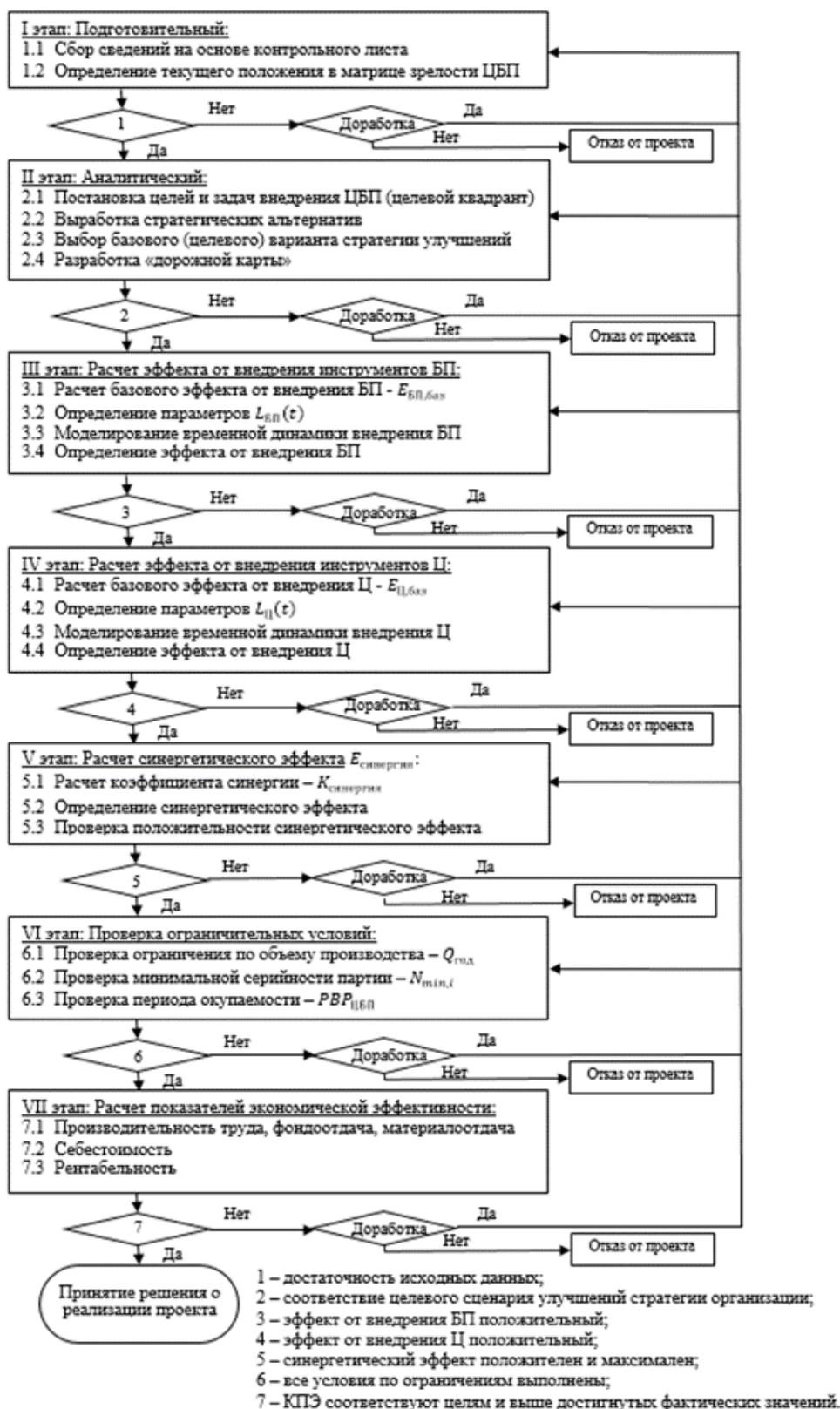


Рис. 1. Алгоритм оценки влияния совместного применения технологий бережливого производства и цифровизации на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия

Fig. 1. Algorithm for assessing impact of combined use of lean production and digitalization technologies on the economic efficiency of an industrial enterprise

предусматривающие соответствующие организационно-технологические преобразования. Обосновывается выбор целевого (базового) сценария стратегических изменений. Прорабатывается «дорожная карта», содержащая план мероприятий, реализация которых позволит осуществить переход предприятия от текущего к целевому состоянию производственной системы.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является соответствие целевого сценария улучшений общей стратегии развития предприятия. В случае невыполнения этого условия происходит доработка целевого сценария до тех пор, пока не будет обеспечено его соответствие общей стратегии развития производственной организации, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Расчет эффекта от внедрения инструментов бережливого производства

На этой стадии производится расчет базового эффекта от внедрения бережливого производства (БП), определение параметров логистической функции уровня внедрения бережливого производства, моделирование временной динамики внедрения бережливого производства и оценка общего эффекта от внедрения бережливого производства.

В целом эффект от внедрения инструментов бережливого производства предлагается осуществлять по формуле (1):

$$E_{\text{БП}}(t) = E_{\text{БП,баз}} \cdot L_{\text{БП}}(t) = (\Delta\text{ПТ}_{\text{БП}} + \Delta\text{ФО}_{\text{БП}} + \Delta\text{МО}_{\text{БП}}) \cdot \frac{1}{1 + e^{-a_{\text{БП}} \cdot (t - t_{1/2, \text{БП}})}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{БП}}(t)$ – эффект от внедрения бережливого производства; $E_{\text{БП,баз}}$ – максимальный (потенциальный) базовый эффект от внедрения бережливого производства; $L_{\text{БП}}(t)$ – логистическая функция уровня внедрения бережливого производства, которая характеризует их проникновение и рост со временем; $\Delta\text{ПТ}_{\text{БП}}$ – изменение производительности труда за счет внедрения инструментов бережливого производства; $\Delta\text{ФО}_{\text{БП}}$ – изменение фондоотдачи благодаря внедрению инструментов бережливого производства; $\Delta\text{МО}_{\text{БП}}$ – изменение материалоотдачи благодаря внедрению инструментов бережливого производства; $a_{\text{БП}}$ – коэффициент скорости внедрения бережливого производства (чем выше $a_{\text{БП}}$, тем быстрее достигается насыщение); $t_{1/2, \text{БП}}$ – время достижения половины максимального уровня зрелости (50% насыщения).

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является получение положительного значения оцениваемого эффекта. В случае невыполнения этого условия происходит перерасчет (например, в результате возврата на предыдущий этап и внесения изменений в целевой сценарий), до тех пор, пока величина рассматриваемого эффекта не примет положительное значение, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Расчет эффекта от внедрения цифровых инструментов

На этой стадии производится расчет базового эффекта от внедрения цифровых технологий (Ц), определение параметров логистической функции уровня внедрения цифровых технологий, моделирование временной динамики внедрения цифровых технологий и оценка общего эффекта от внедрения цифровых технологий.

В целом эффект от внедрения цифровых технологий предлагается осуществлять по формуле (2):

$$E_{\text{Ц}}(t) = E_{\text{Ц,баз}} \cdot L_{\text{Ц}}(t) = (\Delta\text{ПТ}_{\text{Ц}} + \Delta\text{ФО}_{\text{Ц}} + \Delta\text{МО}_{\text{Ц}}) \cdot \frac{1}{1 + e^{-a_{\text{Ц}} \cdot (t - t_{1/2, \text{Ц}})}}, \quad (2)$$

где $E_{\text{Ц}}(t)$ – эффект от внедрения цифровых технологий; $E_{\text{Ц,баз}}$ – максимальный (потенциальный) базовый эффект от внедрения цифровых технологий; $L_{\text{Ц}}(t)$ – логистическая функция уровня внедрения цифровых технологий, которая характеризует их проникновение и рост со временем; $\Delta\text{ПТ}_{\text{Ц}}$ – изменение производительности труда за счет внедрения цифровых технологий;



$\Delta\text{ФО}_{\text{Ц}}$ – изменение фондоотдачи благодаря внедрению цифровых технологий; $\Delta\text{МО}_{\text{Ц}}$ – изменение материалоотдачи благодаря внедрению цифровых технологий; $a_{\text{Ц}}$ – коэффициент скорости внедрения цифровых технологий (чем выше $a_{\text{БП}}$, тем быстрее достигается насыщение); $t_{1/2,\text{Ц}}$ – время достижения половины максимального уровня зрелости (50% насыщения).

Следует отметить, что параметр a характеризует скорость перехода от начального состояния к насыщению и зависимость от организационной гибкости промышленного предприятия, ресурсов, сопротивления изменениям. Чем a выше, тем быстрее внедрение. Значение параметра может быть получено двумя основными способами: при наличии исторических данных с помощью нелинейной регрессии логистических кривых; при отсутствии данных – с использованием экспертной оценки через обратную логистическую функцию. Полученные значения важно верифицировать через отраслевой бенчмаркинг.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является получение положительного значения оцениваемого эффекта. В случае невыполнения этого условия происходит перерасчет (например, в результате возврата на предыдущий этап и внесения изменений в целевой сценарий), до тех пор, пока величина рассматриваемого эффекта не примет положительное значение, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Следует отметить, что расчет экономического эффекта от внедрения инструментов бережливого производства и цифровых технологий по отдельности позволяет количественно оценить вклад каждого из этих направлений в прирост ключевых показателей эффективности промышленного предприятия: производительность труда, фондоотдачу, материалоотдачу, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж.

Расчет синергетического эффекта в результате совместного внедрения цифровых технологий и бережливого производства

На этой стадии производится расчет коэффициента синергии, определение синергетического эффекта в результате совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий, значение которого должно быть положительным.

В целом расчет синергетического эффекта от внедрения цифрового бережливого производства предлагается осуществлять по формуле (3):

$$E_{\text{синергия}}(t) = (E_{\text{БП}}(t) + E_{\text{Ц}}(t)) \cdot (K_{\text{синергия}}(t) - 1), \quad (3)$$

где $E_{\text{синергия}}(t)$ – величина синергетического эффекта от внедрения бережливого производства и цифровизации; $K_{\text{синергия}}(t)$ – коэффициент синергии, скалирующий фактор, который моделирует рост дополнительного эффекта за счет взаимодействия бережливого производства и цифровизации.

Полученное положительное значение синергетического эффекта от внедрения цифрового бережливого производства, по сути, отражает эмерджентный прирост совокупного эффекта в результате использования цифровых технологий и бережливого производства в деятельности промышленного предприятия.

Следует отметить, что скалирующий фактор, или коэффициент синергии $K_{\text{синергия}}(t)$, необходим для отражения реальной природы совместного внедрения бережливого производства и цифровизации, где интеграция подходов создает эффект, превышающий простое суммирование их отдельных вкладов. Синергетический эффект, возникающий при совместном внедрении бережливого производства и цифровизации, представляет собой качественно новое явление, которое не сводится к простому суммированию или взаимному усилению отдельных эффектов этих подходов. Его формирование обусловлено системным взаимодействием бережливого производства и цифровизации, которое создает новые возможности, недостижимые при их изолированном применении. Таким образом, этот эффект является результатом такого свойства

системы, как эмерджентность, когда целое приобретает качества, отсутствующие у его отдельных частей.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является получение максимально достижимого положительного синергетического эффекта. В случае невыполнения этого условия происходит перерасчет (например, в результате возврата на второй этап и внесения изменений в целевой сценарий), до тех пор, пока величина оцениваемого эффекта не примет максимальное положительное значение, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Проверка ограничительных условий

На данном этапе осуществляется верификация расчетов с учетом производственно-экономических ограничений, включая требуемый объем выпуска продукции для обеспечения ожидаемого периода окупаемости инвестиций, минимально рентабельный размер партий и согласованность производственной программы. Проверка выполнения обозначенных условий обеспечивает достижение положительного синергетического эффекта и, как следствие, планируемое повышение эффективности деятельности промышленного предприятия в результате совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий.

Необходимым условием для перехода к следующему этапу является выполнение всех обозначенных условий по ограничениям. В случае невыполнения этого условия происходит возврат на более ранние этапы до тех пор, пока не будут выполнены все условия по ограничениям, либо отказ от реализации проекта на данный момент времени.

Расчет показателей экономической эффективности

На заключительном этапе оценки производится расчет плановых значений ключевых показателей экономической эффективности деятельности предприятия, а именно: производительность труда, фондоотдача, материалоотдача, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж.

Следует отметить, что выбор данных показателей обусловлен тем, что бережливое производство направлено на экономию ресурсов (основные средства, трудовые ресурсы, сырье и материалы), а цифровизация позволяет ускорить их производительность, оборачиваемость, что в целом приводит к снижению себестоимости и росту рентабельности деятельности производственной организации.

Необходимым условием для перехода к принятию решения о реализации проекта по внедрению цифрового бережливого производства является обеспечение соответствия полученных расчетных значений ключевых показателей эффективности поставленным целям организации и улучшения достигнутых фактических значений этих показателей в ходе деятельности предприятия в результате осуществления предложенных стратегических изменений. В случае невыполнения этого условия происходит возврат на более ранние этапы до тех пор, пока не будут выполнены эти условия, либо на данный момент времени целесообразен отказ от реализации проекта.

Таким образом, к основным полученным результатам проведенного исследования, посвященного созданию методики оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия, относится следующее:

- определены основные этапы процесса разработки управленческих решений по внедрению цифрового бережливого производства и раскрыто их содержание;
- установлены критерии принятия промежуточных решений в точках разветвления (узлах решений);
- разработан алгоритм выполнения оценки влияния совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий на экономические показатели деятельности производственной организации.

В целом разработанный алгоритм представляет собой комплексный структурированный подход к решению проблемы рационального внедрения цифрового бережливого производства, способствующего повышению экономической эффективности деятельности промышленного



предприятия на основе количественной оценки интеграционного эффекта от внедрения цифровых технологий и бережливого производства, учитывающий, как отдельные преимущества каждого из этих направлений, так и их системное взаимное усиление.

Заключение

Разработанная методика оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия представляет собой поэтапную процедуру, обеспечивающую комплексный подход к количественной оценке синергетического эффекта и его воздействия на ключевые показатели экономической эффективности производственной организации: производительность труда, фондо- и материалоотдачу, себестоимость, рентабельность. Внедрение данного алгоритма предполагает, в частности, использование вспомогательных инструментов: контрольного листа и матрицы зрелости, что позволяет определить исходные уровни внедрения бережливых и цифровых технологий и на этой основе выбрать стратегию организационно-технологических преобразований.

Кроме того, отличительными особенностями предложенной методики является то, что она предполагает изначальный расчет базового экономического эффекта от внедрения бережливого производства и цифровизации по отдельности, что позволяет количественно измерить вклад каждого из них в повышение эффективности деятельности предприятия, выражаемого через рост производительности труда, фондо- и материалоотдачи, снижение себестоимости и увеличение рентабельности продаж. Затем, через оценку синергетического эффекта, возникающего в результате совместного внедрения цифровых технологий и бережливого производства в результате их системного взаимного усиления, определяется общее влияние цифрового бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия.

В дополнение предусмотренная в методике верификация расчетов с учетом производственно-экономических ограничений, включая требуемый объем выпуска продукции для обеспечения ожидаемого периода окупаемости инвестиций, минимально рентабельный размер партий и согласованность производственной программы, обеспечивает подготовку и принятие рациональных управленческих решений на основе полученного положительного значения синергетического эффекта и, как следствие, планируемого повышения эффективности деятельности промышленного предприятия в результате совместного применения инструментов бережливого производства и цифровых технологий и адаптацию алгоритма оценки к условиям конкретного предприятия.

Направление дальнейших исследований

Направление дальнейших исследований в этой области может быть связано с адаптацией предложенных методических положений по оценке влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности организаций других отраслей экономики. При этом особый научный интерес могут вызвать работы, где в качестве объекта исследования рассматриваются организации сферы услуг (транспорт, туризм, финансовый сектор и др.), что определяет необходимость выявления, обоснования и учета особенностей при внедрении разработанных положений.

В целом использование разработанной методики в деятельности отечественных промышленных предприятий позволит рационально сформировать и обосновать стратегию цифровизации бережливого производства с целью обеспечения снижения себестоимости продукции при улучшении ее качества, повышения экономической эффективности их деятельности и конкурентоспособности на мировом рынке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кондрашова А.В., Сироткин В.А., Паремузова М.Г., Седова В.Д. (2024) Актуальность применения технологии бережливого производства в сельскохозяйственных и промышленных предприятиях. *Вестник Академии знаний*, 5 (64), 227–230.
2. Ермашкевич Н.С., Коновалов И.Е. (2021) Сравнительный анализ методов оценки эффективности внедрения бережливого производства. *Вектор экономики*, 6 (60), art. no. 67.
3. Bortolotti T., Boscari S., Danese P. (2015) Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160, 182–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
4. Borissova D., Naidenov N., Yoshinov R. (2024) Digital transformation assessment model based on indicators for operational and organizational readiness and business value. In: *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (eds. T. Guarda, F. Portela, J.M. Diaz-Nafria), 1935, 457–467. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36
5. Кобзев В.В., Бабкин А.В., Скоробогатов А.С. (2022) Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>
6. Мальсагов Т.Г. (2021) Проблема выбора методики оценки уровня цифровизации экономики. *Проблемы теории и практики управления*, 2, 65–80. DOI: <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-2-65-80>
7. Антипов Д.В., Ткаченко И.С. (2024) Исследование влияния роботизации процессов предприятий на показатели производственной системы. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 1, 374–378. DOI: <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-1-374-375>
8. Колычев В.Д., Белкин И.О. (2023) Интеграция бережливого производства и цифровых технологий в управление операционной деятельностью промышленных предприятий. *Известия Высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством*, 3 (57), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivecofin.2023573.653>
9. Левенцов В.А., Левенцов А.Н. (2023) Бережливое производство и проблемы его цифровизации. *Современные наукоемкие технологии*, 1, 20–25. DOI: <https://doi.org/10.17513/snt.39493>
10. Marcondes G.B., Rossi A.H.G., Pontes J. (2023) Digital technologies and Lean 4.0: integration, benefits, and areas of research. In: *Industrial Engineering and Operations Management* (eds. J.C. Gonçalves dos Reis, F.G. Mendonça Freires, M. Vieira Junior), 431, 197–209. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47058-5_16
11. Вагин М.С. (2024) Применение бережливых и цифровых технологий для повышения эффективности производственных процессов. *Инновации и инвестиции*, 10, 122–126.
12. Rossini M., Dafne Cifone F., Kassem B., Costa F., Portioli-Staudacher A. (2021) Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32 (9), 239–259. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0467>
13. Tortorella G.L., Fettermann D. (2018) Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2975–2987. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
14. Палкина Е.С., Постников Р.А. (2021) Цифровая трансформация производственной системы в судостроении: проблемы и способы их решения. *Вестник Забайкальского государственного университета*, 27 (6), 107–123. DOI: <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-6-107-123>
15. Бабосов Е.М. (2023) Синергетическое взаимоусиление цифровизационных процессов и человеческой креативной деятельности. *Экономика. Социология. Право*, 2 (30), 33–39. DOI: <https://doi.org/10.22281/2542-1697-2023-02-02-33-39>
16. Батаева В.К. (2020) Оценка синергетического эффекта при слияниях и поглощениях компаний. *Ученые записки Российской Академии предпринимательства*, 19 (2), 108–113. DOI: <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2020-19-2-108-113>
17. Болдыревский П.Б., Игошев А.К., Кистанова Л.А. (2018) Исследования синергетических эффектов и цикличности современных экономических систем. *Экономический анализ: теория и практика*, 11 (482), 2166–2178. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.2166>
18. Геворкян Г.А. (2023) Механизм оценки синергетического эффекта. *Экономика и социум*, 6, 664–674.



19. Дашевская Н.С. (2016) Синергетический эффект в оценке эффективности использования ресурсного потенциала предприятия. *Международный научный студенческий журнал*, 3, 116–121.
20. Зайцева И.В., Малафеев О.А., Степкин А.В., Черноусов М.В., Кособлик Е.В. (2020) Моделирование цикличности развития в системе экономик. *Перспективы науки*, 10 (133), 173–176.
21. Иванов В.С., Коречков Ю.В., Иванов С.В. (2019) Синергетический эффект интегрирования предпринимательских структур в системе управления организациями. *Финансовая экономика*, 12, 42–45.
22. Князева О.П., Акмаров П.Б., Сошин Н.А. (2023) Синергетический эффект цифровой трансформации аграрного производства. *Управленческий учет*, 11, 272–277. DOI: <https://doi.org/10.25806/uu112023272-277>
23. Палей Т.Ф., Лотфуллина Д.Р., Павлова Х.А. (2020) Оценка синергетического эффекта путем дисконтирования денежных потоков компаний «Роснефть» и «Татнефть». *Казанский экономический вестник*, 6, 16–21.
24. Сулимова Е.А., Ремзова М.А. (2019) Синергетический эффект как залог успешного ведения бизнеса. *Инновации и инвестиции*, 12, 122–125.
25. Теплов И.О. (2022) Реализация детерминированного подхода к познанию эволюции теорий развития экономических систем. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*, 6, 150–158. DOI: <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2022-6-150-158>
26. Buer S.V., Semini M., Strandhagen J.O., Sgarbossa F. (2021) The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International journal of production research*, 59 (7), 1976–1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684>
27. Prymostka O., Chub P. (2021) Evolution of theories of cyclical economic development. *Business Navigator*, 3. DOI: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.63-3>
28. Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E. (2023) A maturity model to become a smart organization based on lean and Industry 4.0 synergy. *Sustainability*, 15 (17), art. no. 13151. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151713151>
29. Vella S. (2025) Constructing a country-specific indicator for cyclical systemic risk. *Economic Change and Restructuring*, 58 (3), art. no. 44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10644-025-09884-1>
30. Сурова Н.Ю. (2020) Инновационный поход к разработке методики оценки влияния цифровизации российской экономики на устойчивость развития предприятия. *Мировая экономика: проблемы безопасности*, 3, 103–112.

REFERENCES

1. Kondrashova A.V., Sirotkin V.A., Paremuzova M.G., Sedova V.D. (2024) The relevance of the application of lean manufacturing technology in agricultural and industrial enterprises. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 5 (64), 227–230.
2. Ermashkevich N.S., Konovalov I.E. (2021) Comparative analysis of methods for evaluating the effectiveness of the introduction of lean manufacturing in manufacturing enterprises. *Vektor ekonomiki [Economy Vector]*, 6 (60), art. no. 67.
3. Bortolotti T., Boscari S., Danese P. (2015) Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160, 182–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
4. Borissova D., Naidenov N., Yoshinov R. (2024) Digital transformation assessment model based on indicators for operational and organizational readiness and business value. In: *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (eds. T. Guarda, F. Portela, J.M. Diaz-Nafria), 1935, 457–467. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48858-0_36
5. Kobzev V.V., Babkin A.V., Skorobogatov A.S. (2022) Digital transformation of industrial enterprises in the new reality. *π-Economy*, 15 (5), 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>
6. Malsagov T.G. (2022) The problem of choosing a method for assessing the level of digitalization of the economy. *Problemy teorii i praktiki upravleniya [Problems of management theory and practice]*, 2, 65–80. DOI: <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-2-65-80>

7. Tkachenko I.S., Antipov D.V. (2024) Investigation of the impact of robotization of enterprise processes on the performance of the production system. *News of the Tula state university. Technical sciences*, 1, 374–378. DOI: <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-1-374-375>
8. Kolychev V.D., Belkin I.O. (2023) Integration of lean manufacturing and digital technologies in the operational activity management of industrial enterprises. *News of higher educational institutions. The series "Economics, Finance and production management"*, 3 (57), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivecofin.2023573.653>
9. Leventsov V.A., Leventsov A.N. (2023) Lean production and problems of its digitalization. *Modern High Technologies*, 1, 20–25. DOI: <https://doi.org/10.17513/snt.39493>
10. Marcondes G.B., Rossi A.H.G., Pontes J. (2023) Digital technologies and Lean 4.0: integration, benefits, and areas of research. In: *Industrial Engineering and Operations Management* (eds. J.C. Gonçalves dos Reis, F.G. Mendonça Freires, M. Vieira Junior), 431, 197–209. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47058-5_16
11. Vagin M.S. (2024) Using lean and digital technologies to improve the efficiency of production processes. *Innovation & Investment*, 10, 122–126.
12. Rossini M., Dafne Cifone F., Kassem B., Costa F., Portioli-Staudacher A. (2021) Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32 (9), 239–259. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0467>
13. Tortorella G.L., Fettermann D. (2018) Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2975–2987. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
14. Palkina E., Postnikov R. (2021) Digital transformation of production system in shipbuilding: problems and solutions. *Transbaikal State University Journal*, 27 (6), 107–123. DOI: <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2021-27-6-107-123>
15. Babosov E.M. (2023) Synergetic mutual reinforcement of digitalization processes and human creative activity. *Economics. Sociology. Law*, 2 (30), 33–39. DOI: <https://doi.org/10.22281/2542-1697-2023-02-02-33-39>
16. Bataeva V.K. (2020) Synergy evaluation in mergers and acquisitions. *Scientific notes of the Russian academy of entrepreneurship*, 19 (2), 108–113. DOI: <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2020-19-2-108-113>
17. Boldyrevskii P.B., Igoshev A.K., Kistanova L.A. (2018) Researching the synergistic effects and cyclicity of modern economic systems. *Researching the synergistic effects and cyclicity of modern economic systems*, 11 (482), 2166–2178. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.2166>
18. Gevorgyan G.A. (2023) Assessment of synergetic effect. *Economy and Society*, 6, 664–674.
19. Dashevskaya N.S. (2016) Sinergeticheskij effekt v ocenke effektivnosti ispol'zovaniya resursnogo potenciala predpriyatiya [Synergistic effect in assessing the efficiency of using the enterprise's resource potential]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj studencheskij zhurnal [International scientific student journal]*, 3, 116–121.
20. Zaitseva I.V., Malafeev O.A., Stepkin A.V., Chernousov M.V., Kosoblik E.V. (2020) Modeling of cyclical development in the economic system. *Science Prospects*, 10 (133), 173–176.
21. Ivanov V.S., Korechkov Yu.V., Ivanov S.V. (2019) Synergetic effect of integration of business structures in the management system of organizations. *Financial Economy*, 12, 42–45.
22. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Soshin N.A. (2023) Synergetic effect of digital transformation of agricultural production. *Management Accounting*, 11, 272–277. DOI: <https://doi.org/10.25806/uu112023272-277>
23. Palej T.F., Lotfullina D.R., Pavlova H.A. (2020) Ocenka sinergeticheskogo effekta putem diskontirovaniya denezhnyh potokov kompanij "Rosneft" i "Tatneft" [Assessing the synergy effect by discounting cash flows of Rosneft and Tatneft]. *Kazan economic vestnik*, 6, 16–21.
24. Sulimova E.A., Remzova M.A. (2019) Sinergeticheskij effekt kak zalog uspešnogo vedeniya biznesa [Synergistic effect as a guarantee of successful business management]. *Innovation & Investment*, 12, 122–125.
25. Teplov I.O. (2022) Implementation of an approach to knowledge of the economic systems development theories evolution. *Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, 6, 150–158. DOI: <https://doi.org/10.21295/2223-5639-2022-6-150-158>
26. Buer S.V., Semini M., Strandhagen J.O., Sgarbossa F. (2021) The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International journal of production research*, 59 (7), 1976–1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684>



27. Prymostka O., Chub P. (2021) Evolution of theories of cyclical economic development. *Business Navigator*, 3. DOI: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.63-3>
28. Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E. (2023) A maturity model to become a smart organization based on lean and Industry 4.0 synergy. *Sustainability*, 15 (17), art. no. 13151. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151713151>
29. Vella S. (2025) Constructing a country-specific indicator for cyclical systemic risk. *Economic Change and Restructuring*, 58 (3), art. no. 44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10644-025-09884-1>
30. Surova N. Yu. (2020) An innovative approach to developing a methodology for assessing the impact of digitalization of the Russian economy on the sustainability of enterprise development. *World Economy: Security Problems*, 3, 103–112.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ПАЛКИНА Елена Сергеевна

E-mail: elena_palkina@hotmail.com

Elena S. PALKINA

E-mail: elena_palkina@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4702-3512>

ВАГИН Михаил Сергеевич

E-mail: vaginms@yandex.ru

Mikhail S. VAGIN

E-mail: vaginms@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3833-4623>

Поступила: 30.05.2025; Одобрена: 28.08.2025; Принята: 29.08.2025.

Submitted: 30.05.2025; Approved: 28.08.2025; Accepted: 29.08.2025.